

09.08.2004

日 本 国 特 許 庁
JAPAN. PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2003年 8月 8日

出 願 番 号
Application Number: 特願2003-289863
[ST. 10/C]: [JP2003-289863]

出 願 人
Applicant(s): 日本電気株式会社

REC'D 02 SEP 2004

WIPO

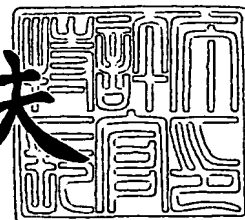
PCT

PRIORITY DOCUMENT
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 1月26日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 34103804
【提出日】 平成15年 8月 8日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 C01B 31/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 蒔 丈史
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 糟屋 大介
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 吉武 務
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 久保 佳実
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 飯島 澄男
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内
 【氏名】 湯田坂 雅子
【特許出願人】
 【識別番号】 000004237
 【氏名又は名称】 日本電気株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100110928
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 速水 進治
 【電話番号】 03-5784-4637
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 138392
 【納付金額】 21,000円
【その他】 国等の委託研究の成果に係る特許出願（平成15年度新エネルギー・産業技術総合開発機構「ナノカーボン応用製品創製プロジェクト」に関する委託研究、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの）

【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 0110433

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

ナノカーボンを生成する生成室と、
生成したナノカーボンを回収する回収室と、
を備え、
前記生成室または前記回収室に、生成したナノカーボンを湿潤させる湿潤手段が設けられたことを特徴とするナノカーボン製造装置。

【請求項 2】

グラファイトターゲットの表面に光を照射する光源と、
前記光の照射に生成したナノカーボンを回収する回収手段と、
前記ナノカーボンを湿潤させる湿潤手段と、
を備えることを特徴とするナノカーボン製造装置。

【請求項 3】

請求項 2 に記載のナノカーボン製造装置において、前記回収手段は、回収室と、前記回収室に前記ナノカーボンを導く回収管と、を備え、
前記湿潤手段は、前記回収室中の前記ナノカーボンを湿潤させることを特徴とするナノカーボン製造装置。

【請求項 4】

請求項 2 または 3 に記載のナノカーボンの製造装置において、前記グラファイトターゲットの設置される生成室を備え、
前記湿潤手段は、前記生成室中の前記ナノカーボンを湿潤させることを特徴とするナノカーボン製造装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 4 いずれかに記載のナノカーボン製造装置において、前記湿潤手段は、噴霧手段であることを特徴とするナノカーボン製造装置。

【請求項 6】

グラファイトターゲットの表面に光照射する工程と、
光照射する前記工程で生成したナノカーボンを湿潤させる工程と、
を含むことを特徴とするナノカーボンの製造方法。

【請求項 7】

請求項 6 に記載のナノカーボンの製造方法において、ナノカーボンを湿潤させる前記工程は、前記ナノカーボンに液体を噴霧する工程を含むことを特徴とするナノカーボンの製造方法。

【請求項 8】

請求項 6 または 7 に記載のナノカーボンの製造方法において、ナノカーボンを湿潤させる前記工程は、前記ナノカーボンにアルコールまたはその水溶液を噴霧することを特徴とするナノカーボンの製造方法。

【請求項 9】

ナノカーボンを生成した後、該ナノカーボンを湿潤させて回収することを特徴とするナノカーボンの回収方法。

【書類名】明細書

【発明の名称】ナノカーボン製造装置ならびにナノカーボンの製造方法および回収方法

【技術分野】

【0001】

本発明は、ナノカーボン製造装置ならびにナノカーボンの製造方法および回収方法に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、ナノカーボンの工学的応用が盛んに検討されている。ナノカーボンとは、カーボンナノチューブやカーボンナノホーン等に代表される、ナノスケールの微細構造を有する炭素物質のことをいう。このうち、カーボンナノホーンは、グラファイトのシートが円筒状に丸まったカーボンナノチューブの一端が円錐形状となった管状体の構造を有しており、その特異な性質から、様々な技術分野への応用が期待されている。カーボンナノホーンは、通常、各々の円錐部間に働くファンデルワールス力によって、チューブを中心に円錐部が角（ホーン）のように表面に突き出る形態で集合している。

【0003】

カーボンナノホーン集合体は、不活性ガス雰囲気中で原料の炭素物質（以下適宜グラファイトターゲットと呼ぶ）に対してレーザー光を照射するレーザー蒸発法によって製造されることが報告されている（特許文献1）。この方法によれば、レーザー蒸発により得られたすす状物質を適当に基板上に堆積させる方法等を用いて回収することができるとされている。

【0004】

【特許文献1】特開2001-64004号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

ところが、本発明者がこの方法について検討を行ったところ、生成したすす状物質を回収することが困難であることが明らかになった。特に、カーボンナノホーン集合体は密度が小さいため宙に舞いやすく、チャンバー内で浮遊してしまい、チャンバー底部に堆積させておくことが困難であった。

【0006】

本発明は上記事情に鑑みてなされたものであり、その目的は、ナノカーボンを効率よく回収する技術を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明の製造装置によれば、生成室または回収室に湿潤手段が設けられるため、生成室で生成したナノカーボンを確実に湿潤させることができる。このため、ナノカーボンが回収室内を浮遊するのを抑制し、底部に堆積させることができる。よって、堆積したナノカーボンを確実に回収することができる。

【0008】

本発明において、生成室では、たとえばレーザーアブレーション法、アーク放電法、CVD法等の方法によりナノカーボンが生成する。

【0009】

本発明によれば、グラファイトターゲットの表面に光を照射する光源と、前記光の照射に生成したナノカーボンを回収する回収手段と、前記ナノカーボンを湿潤させる湿潤手段と、を備えることを特徴とするナノカーボン製造装置が提供される。

【0010】

本発明に係るナノカーボン製造装置によれば、ナノカーボンを湿潤する湿潤手段を備えるため、生成したナノカーボンを湿潤させ、沈降させることができる。このため、ナノカーボンが宙に舞うのを抑制し、効率よく回収することができる。

【0011】

本発明のナノカーボン製造装置において、前記湿潤手段は、噴霧手段であってもよい。こうすることにより、生成したナノカーボンを霧で確実に湿潤させることができる。よって、ナノカーボンをさらに容易に回収することができる。本発明において、前記噴霧手段はたとえばエタノール霧化装置とすることができる。

【0012】

本発明のナノカーボン製造装置において、前記回収手段は、回収室と、前記回収室に前記ナノカーボンを導く回収管と、を備え、前記湿潤手段は、前記回収室中の前記ナノカーボンを湿潤させてもよい。こうすることにより、生成したナノカーボンを効率よく回収室に導くことができる。また、回収室に回収されたナノカーボンを確実に湿潤させることができる。このため、ナノカーボンを回収室内に堆積させ、確実に回収することができる。

【0013】

本発明のナノカーボン製造装置において、前記回収室の底面が装置の設置面に対して傾斜していてもよい。こうすることにより、湿潤させたナノカーボンをさらに容易に回収することができる。また、回収室は、着脱可能に構成されていてもよい。こうすれば、回収室を取り外すことができるため、容易にナノカーボンを回収することができる。

【0014】

本発明のナノカーボンの製造装置において、前記グラファイトターゲットの設置される生成室を備え、前記湿潤手段は、前記生成室中の前記ナノカーボンを湿潤させてもよい。こうすることにより、生成したナノカーボンを生成室内で確実に湿潤させることができる。このため、ナノカーボンが生成室内で舞うの抑制し、容易に回収することができる。また、ナノカーボンが生成室内に浮遊しないため、グラファイトターゲットに照射される光のパワー密度のぶれを抑制することができる。よって、所望の性状のナノカーボンを安定的に製造することができる。

【0015】

本発明の製造装置において、前記生成室の底部に、生成した前記ナノカーボンを回収する回収器が設けられていてもよい。こうすることにより、生成室内で湿潤したナノカーボンを回収器に堆積させることができる。よって、ナノカーボンを効率よく回収することができる。回収器は湿潤手段を備えることができる。

【0016】

本発明によれば、ナノカーボンを生成する生成室と、生成したナノカーボンを回収する回収室と、を備え、前記生成室または前記回収室に、生成したナノカーボンを湿潤させる湿潤手段が設けられたことを特徴とするナノカーボン製造装置が提供される。

【0017】

本発明によれば、グラファイトターゲットの表面に光照射する工程と、光照射する前記工程で生成したナノカーボンを湿潤させる工程と、を含むことを特徴とするナノカーボンの製造方法が提供される。

【0018】

本発明に係る製造方法によれば、生成したナノカーボンを湿潤させる工程を含むため、ナノカーボンの浮遊を抑制することができる。よって、ナノカーボンを効率よく回収することができる。また、ナノカーボンを確実に回収することができる。

【0019】

本発明のナノカーボンの製造方法において、ナノカーボンを湿潤させる前記工程は、前記ナノカーボンに液体を噴霧する工程を含んでもよい。こうすることにより、ナノカーボンを確実に湿潤させることができる。よって、さらに確実に回収することができる。

【0020】

本発明のナノカーボンの製造方法において、ナノカーボンを湿潤させる前記工程は、前記ナノカーボンに有機溶媒を噴霧する工程を含んでもよい。ナノカーボンの表面は疎水性であるため、有機溶媒を噴霧することにより、さらに確実に湿潤させることができる。

【0021】

本発明のナノカーボンの製造方法において、ナノカーボンを湿潤させる前記工程は、前記ナノカーボンにアルコールまたはその水溶液を噴霧してもよい。アルコールは揮発性に優れるため、アルコールまたはその水溶液を噴霧することにより、回収したナノカーボンからの噴霧液の除去が容易となる。本発明の製造方法において、たとえばエタノール、メタノール、イソプロピルアルコールまたはその水溶液を噴霧することができる。

【0022】

本発明によれば、ナノカーボンを生成した後、該ナノカーボンを湿潤させて回収することを特徴とするナノカーボンの回収方法が提供される。本発明に係る回収方法によれば、生成したナノカーボンを湿潤させるため、ナノカーボンが宙に舞うのを抑制し、容易に回収することができる。

【0023】

以上説明したように、本発明によれば、ナノカーボンを効率よく回収することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0024】

以下、レーザーアブレーション法によりカーボンナノホーン集合体を製造し、回収する場合を例に説明する。なお、すべての図面において、同様な構成要素には同様の符号を付し、適宜説明を省略する。

【0025】

(第一の実施形態)

本実施形態では、ナノカーボン製造装置にナノカーボン回収用のチャンバーを設け、回収用のチャンバーにナノカーボンを湿潤させるための噴霧装置が設けられている。図1は、本実施形態のナノカーボンの製造装置183の構成を示す図である。なお、本明細書において、図1および他の製造装置の説明に用いる図は概略図であり、各構成部材の大きさは実際の寸法比に必ずしも対応していない。

【0026】

図1のナノカーボン製造装置183は、製造チャンバー107、ナノカーボン回収チャンバー119、搬送管141、レーザー光源111、ZnSe平凸レンズ131、ZnSeウインドウ133、回転装置115および噴霧器181を備える。さらに、ナノカーボン製造装置183は、不活性ガス供給部127、流量計129、真空ポンプ143、および圧力計145を備える。

【0027】

レーザー光源111から出射するレーザー光103は、ZnSe平凸レンズ131にて集光され、ZnSeウインドウ133を通じて製造チャンバー107内のグラファイトロッド101に照射される。グラファイトロッド101は、レーザー光103照射のターゲットとなる固体炭素単体物質として用いられる。

【0028】

レーザー光103は、照射角が一定となるようにグラファイトロッド101に照射される。レーザー光103の照射角を一定に保ちながら、グラファイトロッド101をその中心軸に対して所定の速度で回転させることにより、グラファイトロッド101の側面の円周方向にレーザー光103を一定のパワー密度で連続的に照射することができる。また、グラファイトロッド101をその長さ方向にスライドさせることにより、グラファイトロッド101の長さ方向にレーザー光103を一定のパワー密度で連続的に照射することができる。

【0029】

回転装置115は、グラファイトロッド101を保持し、その中心軸周りに回転させる。グラファイトロッド101は回転装置115に固定することにより、中心軸周りに回転可能である。またグラファイトロッド101はたとえば中心軸に沿った方向に位置移動可能な構成とすることができる。

【0030】

製造チャンバー107とナノカーボン回収チャンバー119とは、搬送管141によって接続されている。グラファイトロッド101の側面にレーザー光源111からレーザー光103が照射され、その際のプルーム109の発生方向に搬送管141を介してナノカーボン回収チャンバー119が設けられており、生成したカーボンナノホーン集合体117はナノカーボン回収チャンバー119に回収される。

【0031】

噴霧器181は、ナノカーボン回収チャンバー119に設けられており、ナノカーボン回収チャンバー119の内部および壁面に液体を噴霧することができるように構成されている。こうすることにより、ナノカーボン回収チャンバー119に回収されたカーボンナノホーン集合体117を湿潤させることができる。このため、ナノカーボン回収チャンバー119に回収されたカーボンナノホーン集合体117をナノカーボン回収チャンバー119の底部に効率よく堆積させ、回収することができる。

【0032】

ここで、噴霧器181は、たとえば霧化ユニットを備えた霧化装置とすることができる。また、溶媒タンクから噴霧液をシャワー状に放出する構成としてもよい。さらに、スプリング等々の構成を利用した噴霧装置とすることもできる。本実施形態では、噴霧器181が霧化ユニットを備える場合を例に、以下説明をする。

【0033】

図2は、霧化ユニットを備える噴霧器181を模式的に示す図である。なお、図2は、図1のA-A'方向の断面図となっている。

【0034】

図2の噴霧器181は、霧化ユニット199を備え、霧化ユニット199上部に噴霧液193が収容されている。ナノカーボン回収チャンバー119と噴霧器181とは、ナノカーボン回収チャンバー119の壁面の一部に設けられた貫通口197を介して連結されている。噴霧液193は後述するようにミスト195として、貫通口197からナノカーボン回収チャンバー119内へ噴霧される。

【0035】

霧化ユニット199は、例えば超音波振動のような高周波数の振動を発する。この振動は、噴霧器181を介して噴霧液193に伝導する。この振動により、噴霧液193が霧化されてミスト195を生じる。ミスト195は貫通口197を通してナノカーボン回収チャンバー119に進入する。

【0036】

霧化ユニット199としては、例えば秋月電子社製のUSH-400、株式会社テックジャム販売のC-HM-2412などの超音波振動型霧化ユニットが挙げられる。このような霧化ユニットは、噴霧液193を応答性良く霧化することが可能である。また、FDK株式会社製の霧化ディスクのような、圧電振動子を備えた超音波振動型霧化ユニットを用いることもできる。こうした霧化ユニットは低消費電力であるため、効率よくミスト195を発生させることができる。

【0037】

ナノカーボン製造装置183では、噴霧器181がナノカーボン回収チャンバー119の側面に設けられているが、噴霧器181はナノカーボン回収チャンバー119の上面や底面に設けることもできる。たとえば図3は、図1のナノカーボン製造装置183と基本構成は同様であるが、ナノカーボン回収チャンバー119の上面に噴霧器181を有するナノカーボン製造装置184を示す図である。

【0038】

また、複数の噴霧器181をナノカーボン回収チャンバー119の異なる面にそれぞれ設けてもよい。こうすることにより、ナノカーボン回収チャンバー119の各壁面をより一層確実に湿潤することができるため、カーボンナノホーン集合体117を確実に回収することができる。

【0039】

図1に戻り、次に、ナノカーボン製造装置183を用いたカーボンナノホーン集合体117の製造方法について具体的に説明する。

【0040】

ナノカーボン製造装置183において、グラファイトロッド101として、高純度グラファイト、たとえば丸棒状焼結炭素や圧縮成形炭素等を用いることができる。

【0041】

また、レーザー光103として、たとえば、高出力CO₂ガスレーザーを用いることができる。レーザー光103のグラファイトロッド101への照射は、Ar、He等の希ガスをはじめとする反応不活性ガス雰囲気、たとえば10³Pa以上10⁵Pa以下の雰囲気中で行う。また、製造チャンバー107内を予めたたとえば10⁻²Pa以下に減圧排気した後、不活性ガス雰囲気とすることが好ましい。

【0042】

また、グラファイトロッド101の側面におけるレーザー光103のパワー密度がほぼ一定、たとえば5kW/cm²以上25kW/cm²以下となるようにレーザー光103の出力、スポット径、および照射角を調節することが好ましい。

【0043】

レーザー光103の出力はたとえば1kW以上50kW以下とする。また、レーザー光103のパルス幅はたとえば0.5秒以上とし、好ましくは0.75秒以上とする。こうすることにより、グラファイトロッド101の表面に照射されるレーザー光103の累積エネルギーを充分確保することができる。このため、カーボンナノホーン集合体117を効率よく製造することができる。また、レーザー光103のパルス幅はたとえば1.5秒以下とし、好ましくは1.25秒以下とする。こうすることにより、グラファイトロッド101の表面が過剰に加熱されることにより表面のエネルギー密度が変動し、カーボンナノホーン集合体の収率が低下するのを抑制することができる。レーザー光103のパルス幅は、0.75秒以上1秒以下とすることがさらに好ましい。こうすれば、カーボンナノホーン集合体117の生成率および収率をともに向上させることができる。

【0044】

また、レーザー光103照射における休止幅は、たとえば0.1秒以上とすることができ、0.25秒以上とすることが好ましい。こうすることにより、グラファイトロッド101表面の過加熱をより一層確実に抑制することができる。

【0045】

レーザー光103は、照射角が一定となるように照射される。レーザー光103の照射角を一定に保ちながら、グラファイトロッド101をその中心軸に対して所定の速度で回転させることにより、グラファイトロッド101の側面の円周方向にレーザー光103を一定のパワー密度で連続的に照射することができる。また、グラファイトロッド101をその長さ方向にスライドさせることにより、グラファイトロッド101の長さ方向にレーザー光103を一定のパワー密度で連続的に照射することができる。

【0046】

このときの照射角は30°以上60°以下とすることが好ましい。なお、本明細書において、照射角とは、レーザー光103の照射位置におけるグラファイトターゲットの表面に対する垂線とレーザー光103とのなす角のことである。円筒形のグラファイトターゲットを用いる場合、照射角は、グラファイトロッド101の長さ方向に垂直な断面において、照射位置と円の中心とを結ぶ線分と、水平面とのなす角となる。この照射角を30°以下とすることにより、照射するレーザー光103の反射、すなわち戻り光の発生を防止することができる。また、発生するブルーム109がZnSeウインドウ133を通じてZnSe平凸レンズ131へ直撃することが防止される。このため、ZnSe平凸レンズ131を保護し、またカーボンナノホーン集合体117のZnSeウインドウ133への付着防止に有効である。また、レーザー光103を60°以下で照射することにより、アモルファスカーボンの生成を抑制し、生成物中のカーボンナノホーン集合体117の割合、すなわちカーボンナノホーン集合体117の収率を向上させることができる。また、照

射角は $45^{\circ} \pm 5^{\circ}$ とすることが特に好ましい。約 45° で照射することにより、生成物中のカーボンナノホーン集合体117の割合をより一層向上させることができる。

【0047】

また、照射時のレーザー光103のグラファイトロッド101側面へのスポット径は、たとえば0.5mm以上5mm以下とすることができる。

【0048】

また、レーザー光103のスポットを、たとえば0.01mm/sec以上55mm/sec以下の速度（周速度）で移動させることが好ましい。たとえば、直径100mmのグラファイトターゲットの表面にレーザー光103を照射する場合には、回転装置115によって直径100mmのグラファイトロッド101を円周方向に一定速度で回転させ、回転数をたとえば0.01rpm以上10rpm以下とすると、上述の周速度を実現できる。なお、グラファイトロッド101の回転方向に特に制限はないが、照射位置がレーザー光103から遠ざかる方向、すなわち図1においては図中に矢印で示したようにレーザー光103から搬送管141に向かう方向、に回転させることが好ましい。こうすることにより、カーボンナノホーン集合体117をより一層確実に回収することができる。

【0049】

ナノカーボン回収チャンバー119に回収されたすす状物質は、カーボンナノホーン集合体117を主として含み、たとえば、カーボンナノホーン集合体117が90wt%以上含まれる物質として回収される。

【0050】

なお、プルム109は、レーザー光103の照射位置におけるグラファイトロッド101の接線に垂直方向に発生するため、この方向に搬送管141を設ければ、効率よく炭素蒸気をナノカーボン回収チャンバー119に導き、カーボンナノホーン集合体117を回収することができる。

【0051】

カーボンナノホーン集合体117の製造の際には、ナノカーボン回収チャンバー119に設けられた噴霧器181からミスト195を噴霧しておく。こうすれば、ナノカーボン回収チャンバー119に回収されたカーボンナノホーン集合体117は、噴霧された液体により湿潤する。このため、カーボンナノホーン集合体117がナノカーボン回収チャンバー119中で飛散するのを抑制し、ナノカーボン回収チャンバー119の底部にカーボンナノホーン集合体117を効率よく堆積させることができる。また、ナノカーボン回収チャンバー119の壁面へのカーボンナノホーン集合体117の付着も抑制することができる。よって、カーボンナノホーン集合体117の回収率を向上させることができる。

【0052】

ミスト195によりナノカーボン回収チャンバー119のすべての壁面に到達し、湿潤するように噴霧器181からミスト195を噴霧することが好ましい。こうすれば、カーボンナノホーン集合体117をより一層確実にナノカーボン回収チャンバー119の底部に沈降させることができる。

【0053】

噴霧器181から噴霧するミスト195は、比較的疎水性の有機溶媒とすることが好ましい。カーボンナノホーン集合体117の表面は比較的疎水性だからである。また、揮発性の溶媒とすることが好ましい。回収後、カーボンナノホーン集合体117を容易に乾燥できるからである。したがって、たとえば、エタノール、メタノール、イソプロピルアルコール等のアルコール類、ベンゼン、トルエン等の芳香族炭化水素、ハロゲン化炭化水素、エーテル類、アミド類等を噴霧することができる。これらの溶媒は単独で噴霧してもよいし、2種以上を混合して用いてもよい。また、これらの溶媒と水との混合溶媒としてもよい。

【0054】

噴霧器181からの液体の噴霧は、所定の間隔で断続的に行ってもよいし、連続的に行ってもよい。液体の噴霧量や噴霧速度は、ナノカーボン回収チャンバー119の大きさ等

に応じて適宜設定することができる。

【0055】

本実施形態において、たとえば、図1のナノカーボン製造装置183において、グラファイトロッド101を $\phi 100\text{mm} \times 250\text{mm}$ の丸棒状焼結炭素とし、 CO_2 レーザーを1s発振、250ms休止のパルス条件でグラファイトロッド101の側面に照射してカーボンナノホーン集合体の製造を行う際に、噴霧器181からエタノールを噴霧することにより、精製したすす状物質をナノカーボン回収チャンバー119の底部に堆積させることができるため、精製したカーボンナノホーン集合体の回収率を向上させることができる。

【0056】

(第二の実施形態)

第一の実施形態に記載のナノカーボン製造装置183またはナノカーボン製造装置184において、噴霧器181の構成は以下のようにすることもできる。ここでは、図3のナノカーボン製造装置184の場合を例に説明する。

【0057】

図4は、図3のナノカーボン製造装置184のB-B'方向の断面図であり、噴霧器181の構成を説明する図である。図4において、噴霧器181は、タンク201と、供給管203と、ノズル205とを有する。タンク201には、噴霧液193が収容されている。また、供給管203は、タンク201とノズル205とを接続している。供給管203には、タンク201からの噴霧液193の供給を調節するためのバルブ209が設けられている。ノズル205は、多数のポア207を有するじょうろ状に形成されている。図5は、ノズル205の構成を示す斜視図である。

【0058】

カーボンナノホーン集合体117を製造する際には、バルブ209を開いて噴霧液193をノズル205からナノカーボン回収チャンバー119内に噴霧する。噴霧液193は、ポア207を通じてミスト195としてシャワー状に噴霧されるため、ナノカーボン回収チャンバー119全体を好適に湿潤させることができる。このため、カーボンナノホーン集合体117を確実にナノカーボン回収チャンバー119の底部に沈降させ、堆積させることができる。

【0059】

なお、ノズル205の構成は上述した態様には特に限定されず、ナノカーボン回収チャンバー119の大きさやナノカーボンの生成量に応じて適宜選択することができる。たとえば、加圧式ノズルを用いてもよい。また、噴霧液193の供給を、ポンプ等を用いて行うこともできる。このようにすれば、噴霧液193をさらに確実にナノカーボン回収チャンバー119内全体に噴霧することができる。

【0060】

(第三の実施形態)

本実施形態は、第一または第二の実施形態に記載のナノカーボン製造装置と回収チャンバーの底部の構成が異なる。以下、第一の実施形態に記載のナノカーボン製造装置184の場合を例に説明する。図6は、本実施形態に係るナノカーボン製造装置185を示す図である。

【0061】

ナノカーボン製造装置185では、ナノカーボン回収チャンバー187の底部が傾斜している。これにより、噴霧器181から噴霧された液体により湿潤したカーボンナノホーン集合体117がナノカーボン回収チャンバー187の底部においてより低い方向に向かって移動する。このため、より一層容易にカーボンナノホーン集合体117を回収することができる。

【0062】

(第四の実施形態)

本実施形態は、第一または第二の実施形態に記載のナノカーボン製造装置183に回収

用カートリッジをさらに備えるナノカーボン製造装置に関する。以下、第一の実施形態に記載のナノカーボン製造装置 184 の場合を例に説明する。図 7 は、本実施形態に係るナノカーボン製造装置 189 を示す図である。

【0063】

ナノカーボン製造装置 189 では、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に連通して取り外し可能な回収用カートリッジ 191 が設けられている。回収用カートリッジ 191 の底部はナノカーボン製造装置 189 の底部よりも低い位置にあるため、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に堆積したカーボンナノホーン集合体 117 は、回収用カートリッジ 191 へと導かれる。回収用カートリッジ 191 を取り外してその内部を乾燥させれば、さらに簡便にカーボンナノホーン集合体 117 を回収することができる。

【0064】

(第五の実施形態)

本実施形態に係るカーボンナノホーン製造装置を図 8 に示す。この装置では、製造チャンバー 107 の下部に下部回収チャンバー 160 を設けている。また、製造チャンバー 107 内に液体を噴霧するための噴霧器 181 をさらに設けている。噴霧器 181 は、たとえば第一または第二の実施形態に記載した構成とすることができる。

【0065】

下部回収チャンバー 160 を設けることにより、カーボンナノホーン集合体 117 は上部のナノカーボン回収チャンバー 119 に回収される一方、搬送管 141 から装置上部に回収されなかったカーボン蒸気が重力により落下し、下部回収チャンバー 160 に回収される。この構成によれば、ホーンの長さの短いカーボンナノホーンがナノカーボン回収チャンバー 119 に、ホーンの長さの長いカーボンナノホーンが下部回収チャンバー 160 に、それぞれ分離されて回収される。本実施形態によれば、複数の種類のカーボンナノホーンを分別して回収することができる。

【0066】

また、製造チャンバー 107 内にも液体を噴霧することにより、ナノカーボン回収チャンバー 119 に回収されずに製造チャンバー 107 中に残存するカーボンナノホーン集合体 117 を確実に湿らせ、製造チャンバー 107 の底部に導くことができる。このため、カーボンナノホーン集合体 117 を効率よく下部回収チャンバー 160 に回収することができる。

【0067】

なお、本実施形態では、製造チャンバー 107 に噴霧器 181 を設けたが、下部回収チャンバー 160 に噴霧器 181 を設けてもよい。こうすれば、下部回収チャンバー 160 の底部により一層確実にカーボンナノホーン集合体 117 を堆積させ、カーボンナノホーン集合体 117 の飛散を抑制することができる。

【0068】

(第六の実施形態)

以上の実施形態に記載のナノカーボン製造装置において、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に堆積したカーボンナノホーン集合体 117 をかき集めて回収するための掻取部 211 を有していてもよい。以下、本実施形態を第四の実施形態に記載のナノカーボン製造装置 189 に適用する場合を例に説明する。図 9 は、本実施形態に係るナノカーボン製造装置 213 の構成を示す図である。

【0069】

ナノカーボン製造装置 213 は、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に、平板状の掻取部 211 を有する。掻取部 211 の構成は、へらのようにナノカーボン回収チャンバー 119 の底面をスライドさせてカーボンナノホーン集合体 117 を回収用カートリッジ 191 に導くことができれば特に制限はない。

【0070】

掻取部 211 を設けることにより、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に堆積したカーボンナノホーン集合体 117 をより一層確実に回収することができる。なお、掻取

部 211 は、製造チャンバー 107 の底部に設けてもよい。また、必要に応じて、これらのチャンバー内を上下にスライドする掻取部 211 をさらに設けてもよい。こうすれば、湿潤したカーボンナノホーン集合体 117 をさらに確実にチャンバーの底部に集めることができる。

【0071】

以上、本発明を実施形態に基づき説明した。これらの実施形態は例示であり様々な変形例が可能なこと、またそうした変形例も本発明の範囲にあることは当業者に理解されるところである。

【0072】

たとえば、以上の実施形態において、ナノカーボン回収チャンバー 119 の底部に堆積したカーボンナノホーン集合体 117 をかきとるためのかきとり手段をさらに設けてもよい。

【0073】

また、以上の実施形態においては、グラファイトロッドを用いた場合を例に説明をしたが、グラファイトターゲットの形状は円筒形には限定されず、シート状、棒状等とすることもできる。

【0074】

また、カーボンナノホーン集合体 117 を構成するカーボンナノホーンの形状、径の大きさ、長さ、先端部の形状、炭素分子やカーボンナノホーン間の間隔等は、レーザー光 103 の照射条件などによって様々に制御することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

【図 2】 図 1 のナノカーボン製造装置の A-A' 方向の断面図である。

【図 3】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

【図 4】 図 3 のナノカーボン製造装置の B-B' 方向の断面図である。

【図 5】 図 4 の噴霧器のノズルの構成を示す図である。

【図 6】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

【図 7】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

【図 8】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

【図 9】 実施の形態に係るカーボンナノホーンの製造装置の構成を示す図である。

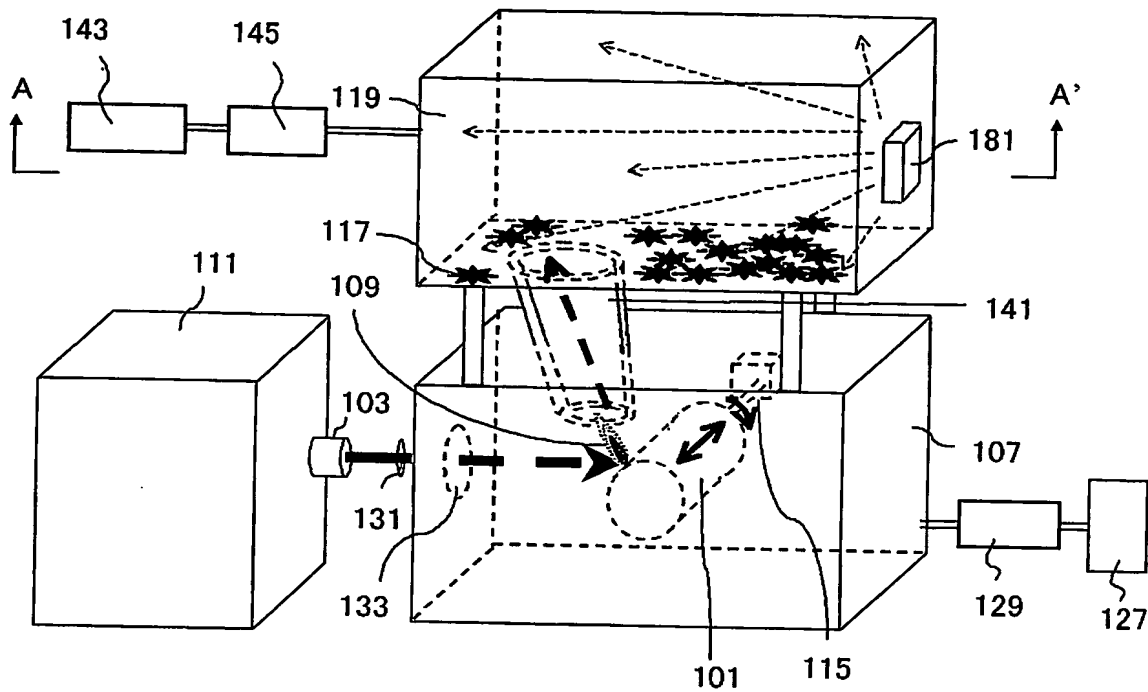
【符号の説明】

【0076】

- 101 グラファイトロッド
- 103 レーザー光
- 107 製造チャンバー
- 109 プルーム
- 111 レーザー光源
- 115 回転装置
- 117 カーボンナノホーン集合体
- 119 ナノカーボン回収チャンバー
- 127 不活性ガス供給部
- 129 流量計
- 131 平凸レンズ
- 133 ウインドウ
- 141 搬送管
- 143 真空ポンプ
- 145 圧力計
- 160 下部回収チャンバー
- 181 噴霧器

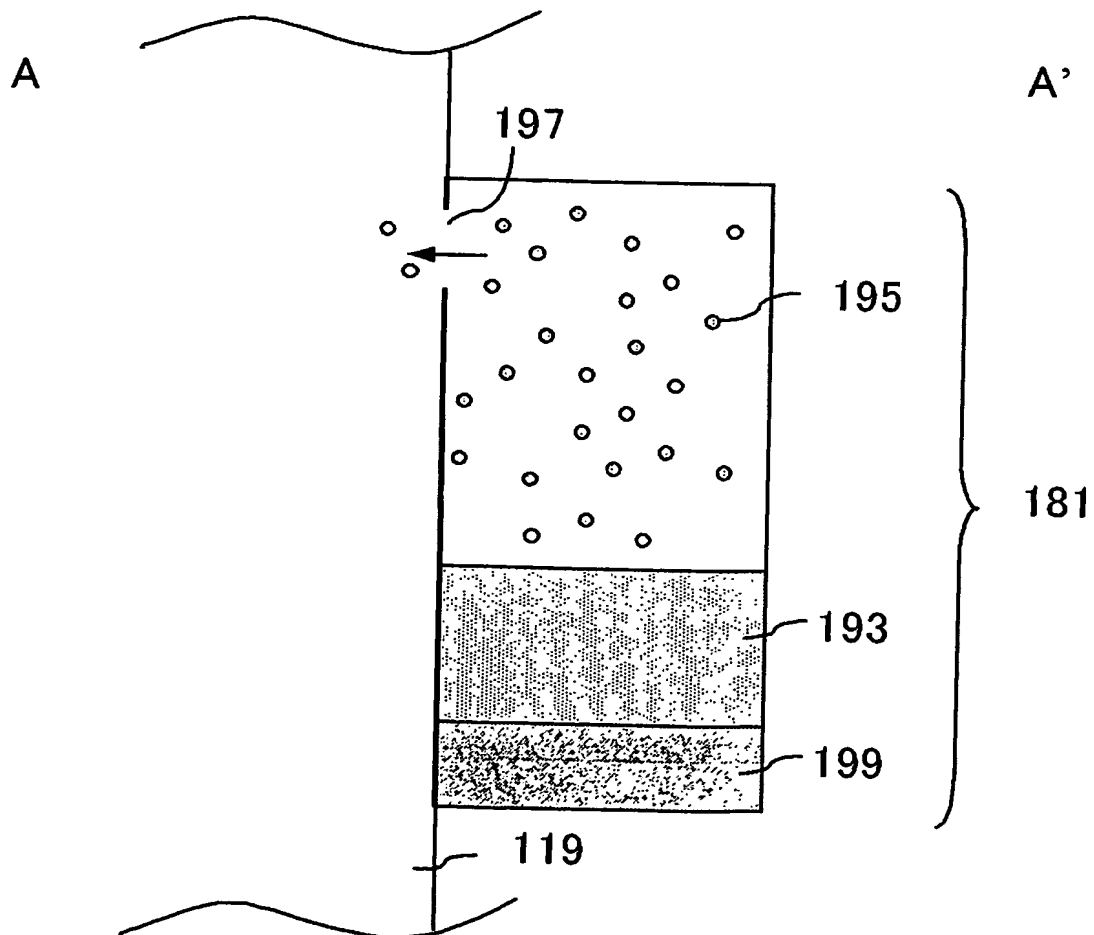
- 1 8 3 ナノカーボン製造装置
- 1 8 4 ナノカーボン製造装置
- 1 8 5 ナノカーボン製造装置
- 1 8 7 ナノカーボン回収チャンバー
- 1 8 9 ナノカーボン製造装置
- 1 9 1 回収用カートリッジ
- 1 9 3 噴霧液
- 1 9 5 ミスト
- 1 9 7 貫通口
- 1 9 9 霧化ユニット
- 2 0 1 タンク
- 2 0 3 供給管
- 2 0 5 ノズル
- 2 0 7 ポア
- 2 0 9 バルブ
- 2 1 1 掻取部
- 2 1 3 ナノカーボン製造装置

【書類名】 図面
【図 1】

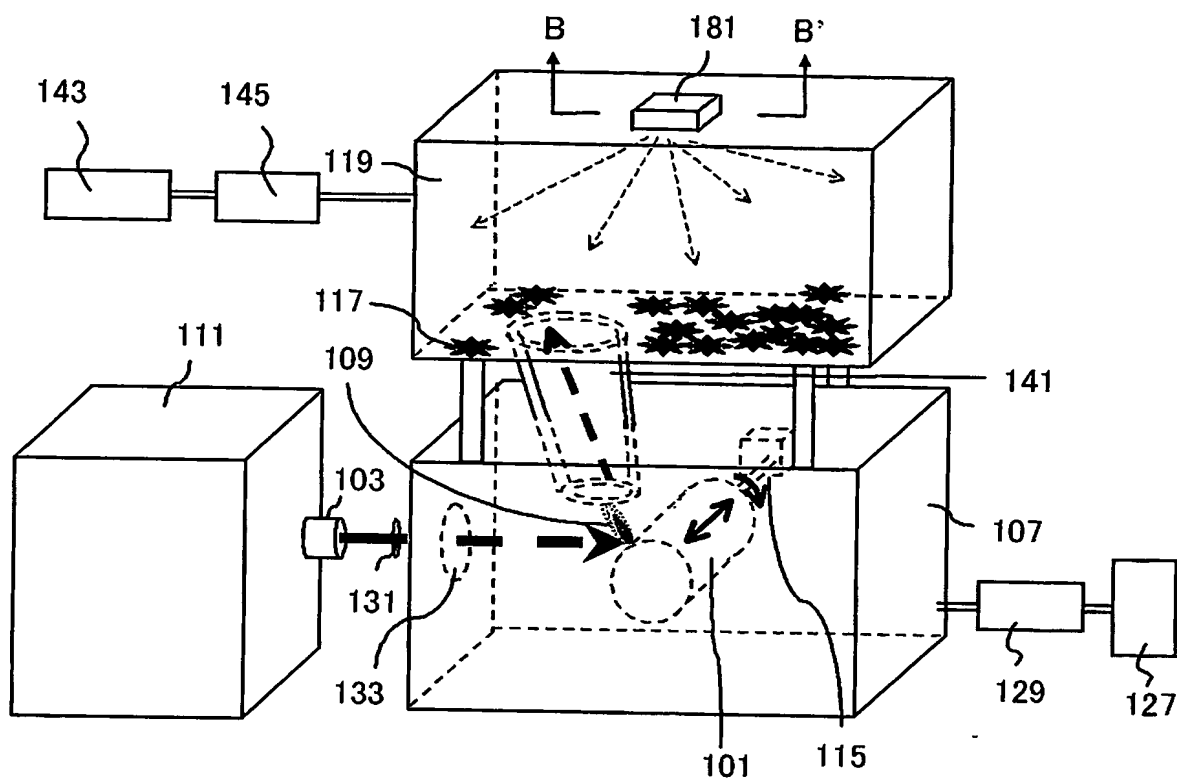


【図 2】

183



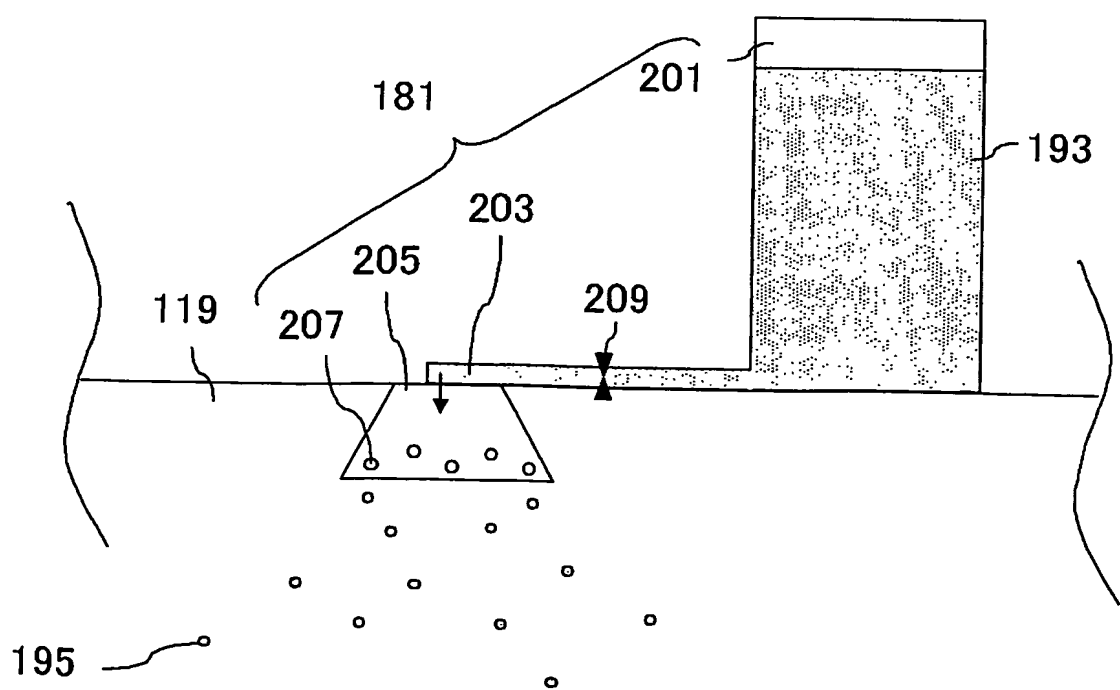
【図 3】



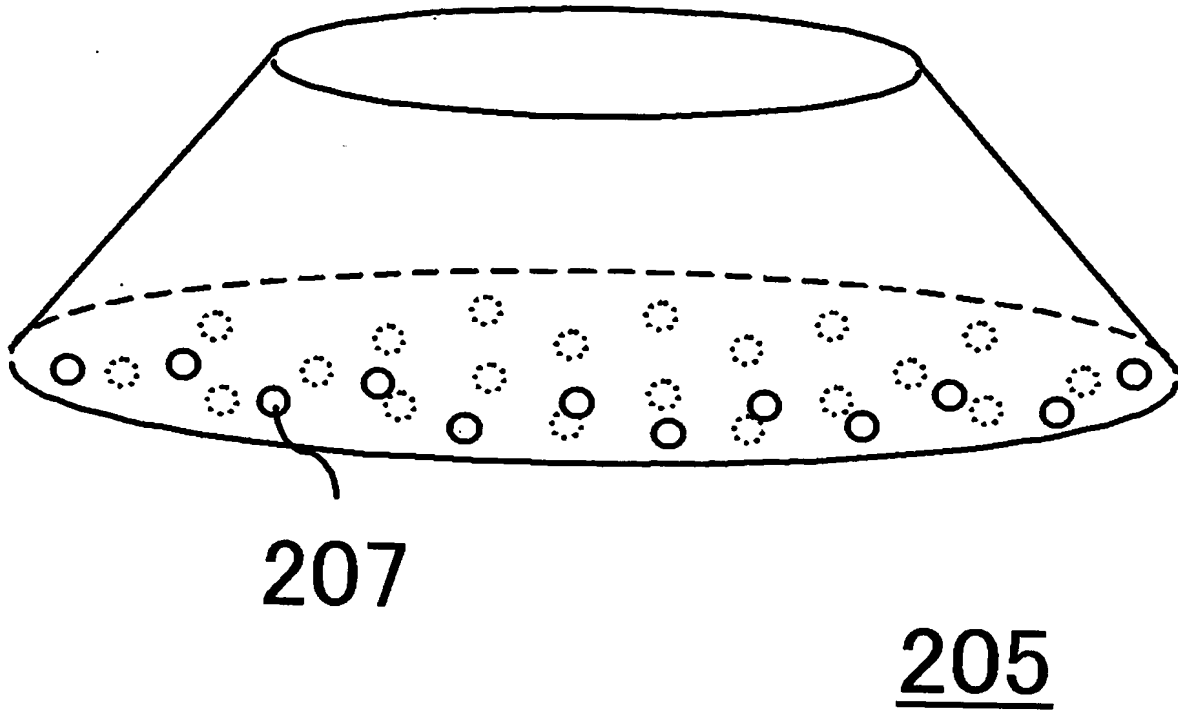
【図 4】

B

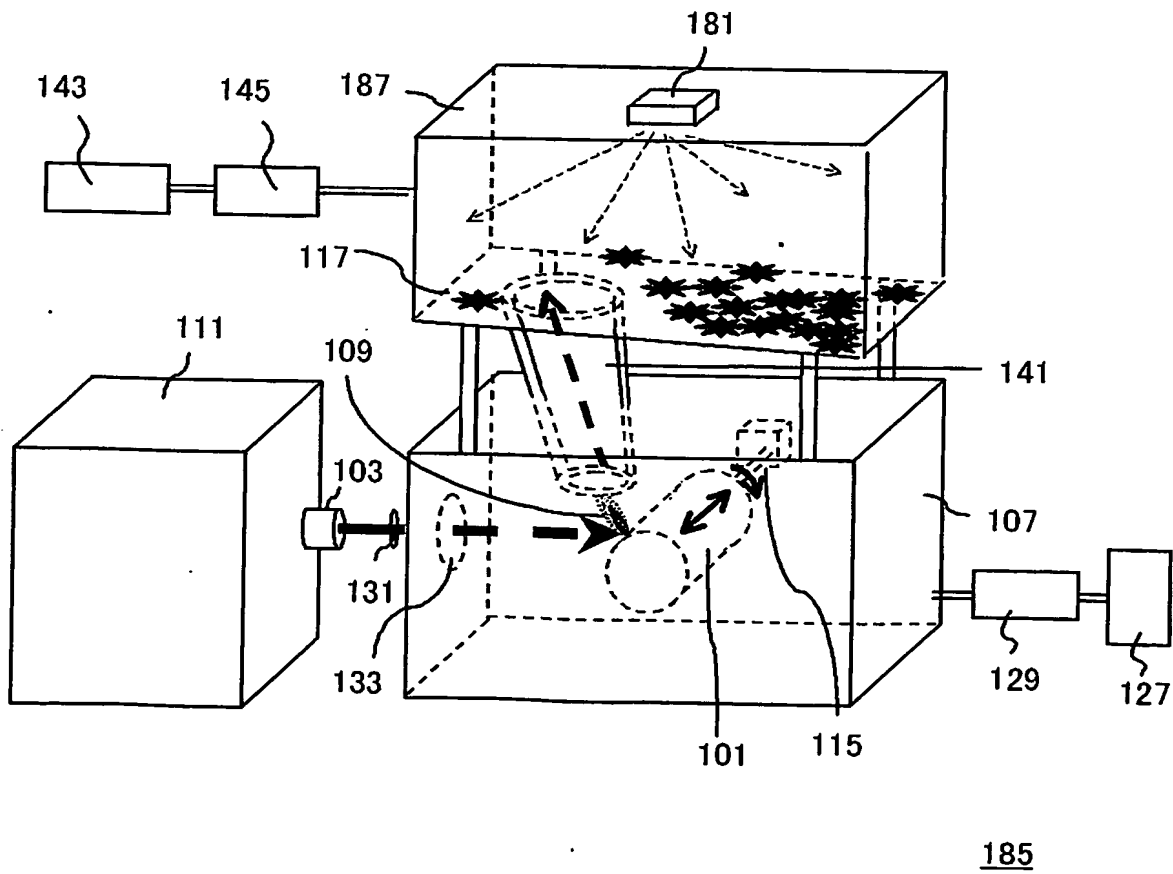
B'



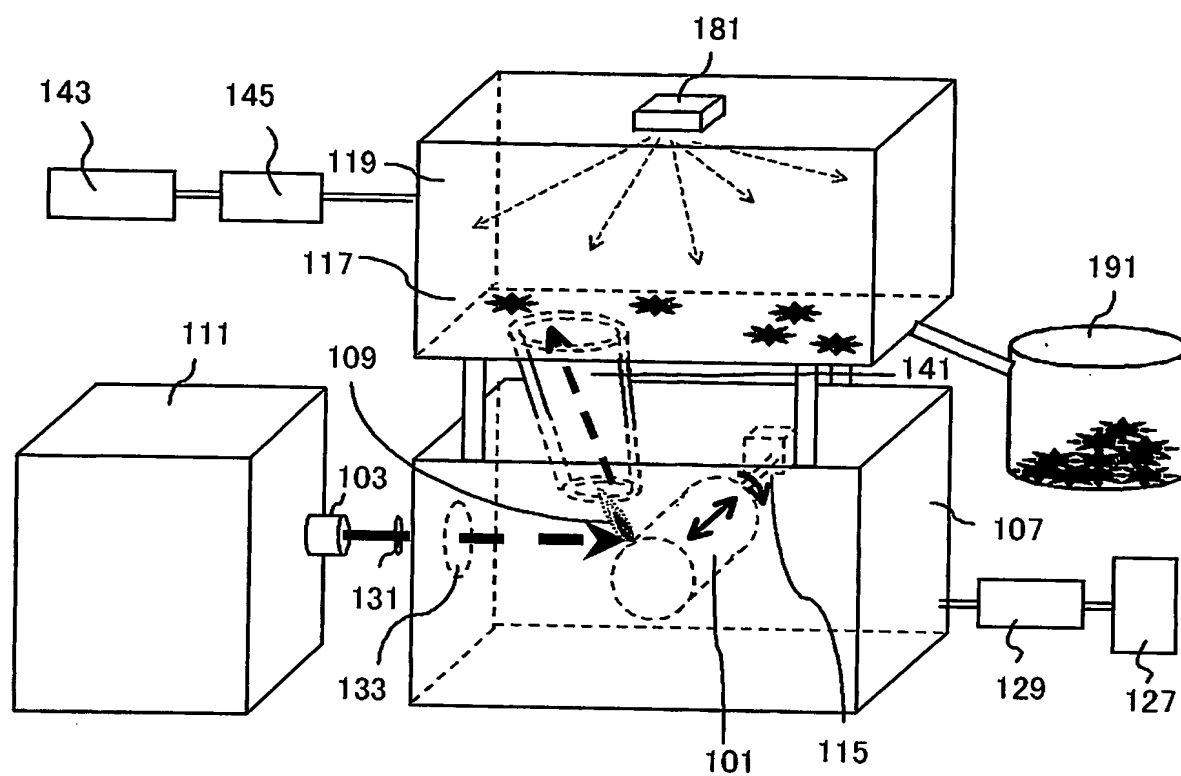
【図 5】



【図 6】

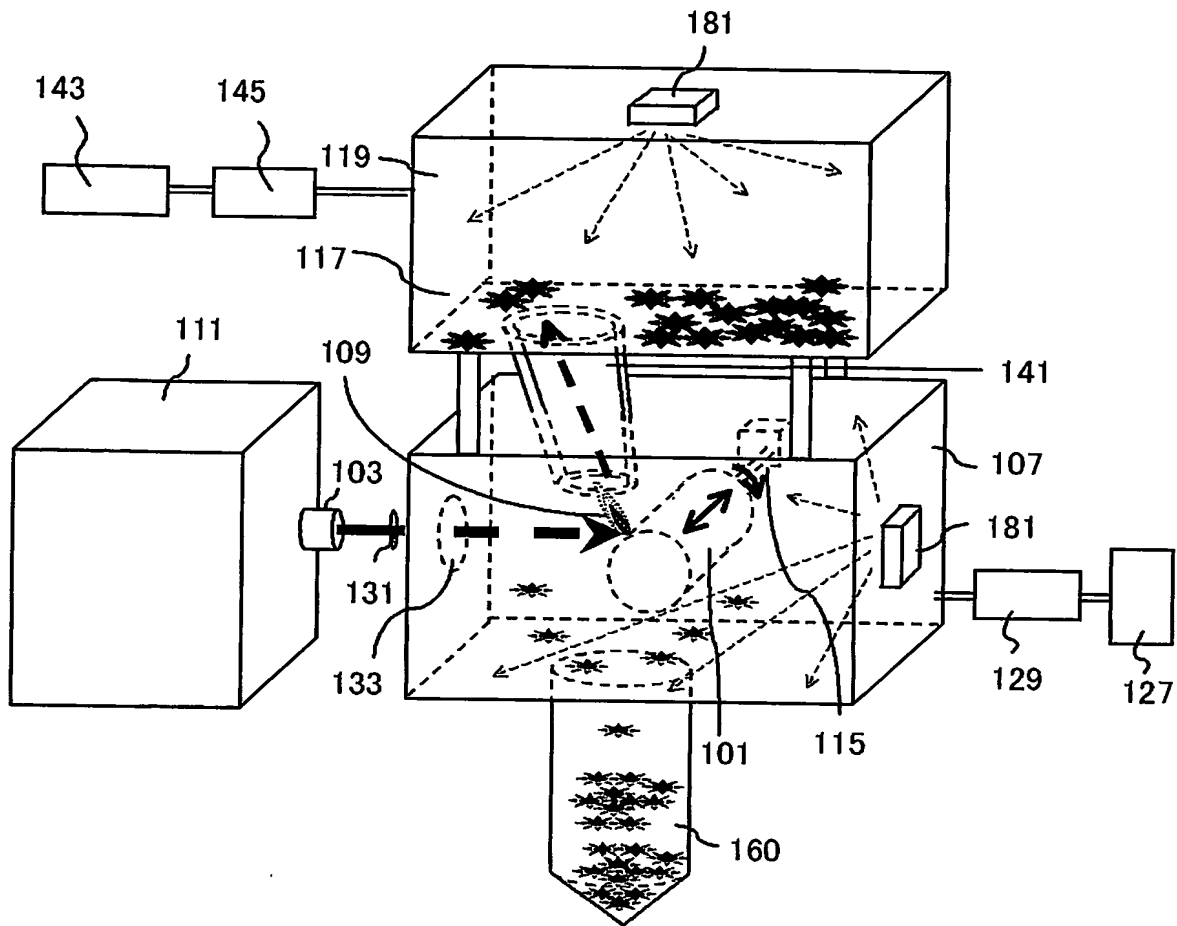


【図7】

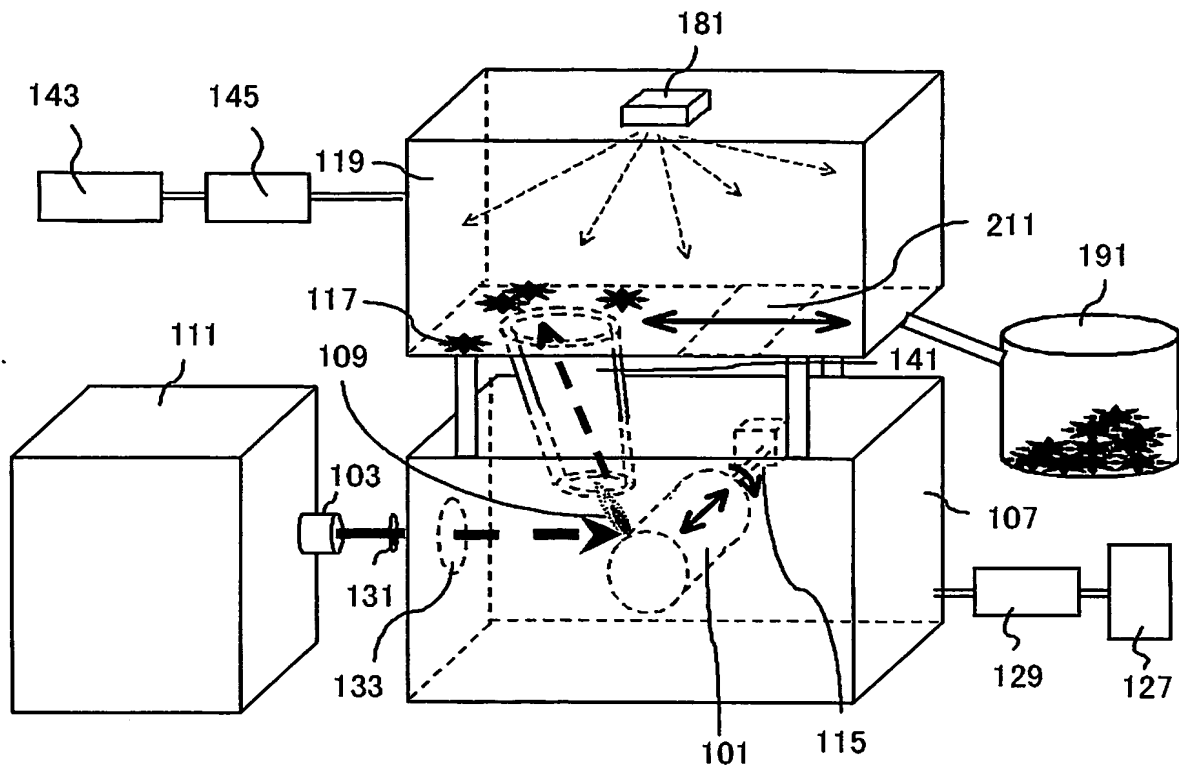


189

【図 8】



【図 9】



213

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ナノカーบอนを効率よく回収する。

【解決手段】 ナノカーボン製造装置 1 8 3 において、ナノカーボン回収チャンバー 1 1 9 の側面に噴霧器 1 8 1 を設け、噴霧器 1 8 1 からナノカーボン回収チャンバー 1 1 9 内全体にミスト 1 9 5 を噴霧する。

【選択図】 図 1



特願 2 0 0 3 - 2 8 9 8 6 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 4 2 3 7]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都港区芝五丁目 7 番 1 号

氏 名

日本電気株式会社